

ДЕТОНАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ

А. А. Дерibas, В. А. Симонов

Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, 630090 Новосибирск

Для расчета детонационных характеристик в работе использовано известное из литературы уравнение, определяющее параметры детонации смесевых взрывчатых составов. При применении этого уравнения к анализу параметров детонации аммонита 6ЖВ характеристики детонации входящего в его состав тротила и самого аммонита брали из литературных данных, а параметры селитры определяли из уравнения для смеси. Приведены результаты крупномасштабных экспериментов со смесью не более чем 3% тротила с аммиачной селитрой. Определена скорость детонации аммиачной селитры — 5 км/с. Из уравнения для смеси определены давление и показатель адиабаты продуктов взрыва аммиачной селитры в случае, когда размеры заряда превышают значение предельного диаметра.

В настоящее время в различных областях, где используются взрывчатые вещества (ВВ), широко применяются взрывчатые составы, представляющие собой смеси различных индивидуальных ВВ. Формулы для расчета параметров детонации таких смесей получены в теории детонации при достаточно естественных допущениях, если известны параметры идеальной детонации входящих в смесь компонентов. Так, если два ВВ образуют механическую смесь, компоненты которой не взаимодействуют друг с другом химически и не проникают друг в друга, создавая эффект упаковки, то для предельных условий, когда параметры детонации смеси и компонентов не зависят от размеров зарядов и удовлетворяют условию Чепмена — Жуге, имеет место уравнение, связывающее параметры детонации смеси и компонентов [1]:

$$\left(\frac{p_1}{p_3}\right)^{1/n_1} - 1 = \frac{1 - \alpha}{\alpha} \frac{v_{0,2}}{v_{0,1}} \left[\left(\frac{p_2}{p_3}\right)^{1/n_2} - 1 \right]. \quad (1)$$

При этом предполагается, что уравнения состояния обоих ВВ, входящих в смесь, имеют вид: $p = A_1 \rho^{n_1}$ для 1-го ВВ и $p = A_2 \rho^{n_2}$ для 2-го ВВ. Здесь $v_{0,1}$ и $v_{0,2}$ — начальные удельные объемы соответственно 1-го и 2-го ВВ; α — массовая доля 1-го ВВ в смеси; p_1, p_2 — давления на фронте детонации соответственно в 1-м и 2-м ВВ; p_3 — давление на фронте детонационной волны в смеси; ρ — плотность.

Если известны значения $p_1, v_{0,1}, n_1, p_2, v_{0,2}, n_2$ и α , то, решая каким-либо приближенным методом трансцендентное уравнение (1), найдем p_3 . Теперь можно определить и удельный объем v_3 за фронтом детонационной волны

в смеси по формуле [1]

$$v_3 = \frac{\alpha}{\rho_{0,1}} \frac{n_1}{n_1 + 1} \left(\frac{p_1}{p_3}\right)^{1/n_1} + \frac{1 - \alpha}{\rho_{0,2}} \frac{n_2}{n_2 + 1} \left(\frac{p_2}{p_3}\right)^{1/n_2}.$$

Зная p_3 и v_3 , находим скорость детонации смеси D_3 по формуле [1]

$$D_3^2 = \frac{p_3}{\rho_0(1 - \rho_0/\rho_3)},$$

где ρ_0 — начальная плотность смеси.

Применим эту теорию к одному из наиболее распространенных в России промышленных ВВ — аммониту 6ЖВ, содержащему 20% порошкообразного тротила и 80% аммиачной селитры. Насыпная плотность обоих порошкообразных компонентов ≈ 1 г/см³. Детонационные характеристики аммонита 6ЖВ исследованы в работе [2]. С помощью электромагнитного метода измерялись скорость детонации и массовая скорость за фронтом детонационной волны; давление, плотность и показатель адиабаты продуктов взрыва вычислялись из законов сохранения. В экспериментах [2] диаметр зарядов изменялся от 20 до 120 мм. В работе высказано предположение, что параметры детонации аммонита 6ЖВ при бесконечном диаметре заряда будут:

$$D_3 = 4,9 \text{ км/с}, \quad p_3 = 8,50 \text{ ГПа}, \quad n_3 = 1,88.$$

В монографии [3] приведены параметры детонационной волны в тротиле с насыпной плотностью 1,0 г/см³ при диаметре заряда 120 мм:

$$D_1 = 5,13 \text{ км/с}, \quad p_1 = 8,05 \text{ ГПа}, \quad n_1 = 2,26.$$

Сведения о параметрах детонации в аммиачной селитре наименее полны [4]. Нам не удалось найти в литературе данных о параметрах

детонационной волны в зарядах аммиачной селитры с диаметром выше предельного, да и величина предельного диаметра, по-видимому, не определена. В [3] приведены данные о параметрах детонации в зарядах аммиачной селитры с диаметром до 130 мм: $D_2 = 2,52$ км/с, $p_2 = 1,814$ ГПа, $n_2 = 2,15$, но не содержится каких-либо указаний на то, что этот диаметр предельный, а измеренные параметры соответствуют условию Чепмена — Жуге. Если считать, что эти параметры соответствуют детонационной волне в аммиачной селитре при диаметре заряда выше предельного, то приходим в противоречие с уравнением (1). Естественно предположить, что в зарядах с диаметром выше предельного значения p_2 и n_2 будут другими, чем те, при которых должно выполняться уравнение (1).

К сожалению, мы имеем лишь одно уравнение (1) для определения p_2 и n_2 . Но простая форма этого уравнения позволяет без большого объема вычислений подбирать наиболее подходящие пары значений p_2 и n_2 .

В 1976 г. нами были проведены крупномасштабные эксперименты с целью создания эффективных взрывчатых составов для промышленной сварки взрывом. Среди прочих изучался состав на основе аммиачной селитры марки Б с добавками тротила в пределах 1 ÷ 3 %. По заводской технологии селитру дробили в шаровых мельницах периодического действия с загрузкой 600 кг шаров (состав АТ-1 (600)) и 200 кг шаров (состав АТ-1 (200)) для получения порошков разных гранулометрических составов. К сожалению, гранулометрический состав не изучался, однако визуально оба состава представляли собой мелкодисперсные порошки, сильно распылявшиеся даже в безветренную погоду.

Были изготовлены плоские заряды площадью 1800 × 900 мм и высотой 150 и 200 мм, размещавшиеся на стальных подложках толщиной 25 × 30 мм. Начальная плотность ВВ ≈ 1 г/см³. Условия экспериментов подробно описаны в работе [5]. Скорость детонации в условиях полигона измерялась методом Дотриша. В предварительной серии лабораторных экспериментов (размеры зарядов 400 × 180 × 60 мм) результаты, получаемые методом Дотриша, проверяли одновременно на той же базе с помощью ионизационных датчиков, время срабатывания которых измерялось частотомером ЧЗ-34А:

D (метод Дотриша) = 2760, 2790, 2720, 2530 м/с
(в среднем (2700 ± 100) мс),

D (частотомер) = 2620, 2620, 2640, 2520 м/с
(в среднем (2600 ± 50) мс).

Результаты измерений показывают, что оба метода можно считать идентичными.

В натуральных условиях датчики устанавливали по диагонали заряда с интервалами 200 и 300 мм. Ближайший датчик находился на расстоянии 1,5 м от точки инициирования. В качестве боевика, размещаемого в углу заряда, использовали три патрона аммонита 6ЖВ по 200 г с одним детонатором. Результаты экспериментов приведены в таблице.

δ_0 , мм	D , км/с	
	АТ-1 (600)	АТ-1 (200)
150	—	3,54
150	4,30	3,80
200	4,95	—
200	5,05	—

Как видно из таблицы, для состава АТ-1 (600) при толщине слоя $\delta_0 = 200$ мм $D \approx 5$ км/с. Поскольку этот состав представляет собой почти чистую аммиачную селитру (не более 3 % тротила), можно предположить, что примерно такой же будет скорость детонации чистой тщательно измельченной аммиачной селитры для заряда диаметром ≈ 200 мм. Воспользовавшись теперь уравнением (1), получим для аммиачной селитры плотностью 1 г/см³ следующие параметры детонационной волны для зарядов с диаметром выше предельного: $D_2 = 5,0$ км/с, $p_2 = 8,40$ ГПа, $n_2 = 2,0$.

Для окончательного выяснения вопроса о детонационных свойствах аммиачной селитры целесообразно изучить параметры детонации больших зарядов аммиачной селитры без добавок. Если окажется, что их значения близки к приведенным здесь, необходимо будет определить значения критического и предельного диаметров, которые, очевидно, сильно зависят от степени измельчения селитры. Если же приведенные здесь экспериментальные результаты будут подтверждены, уравнение (1) можно будет использовать для расчета параметров смесей насыпных ВВ малой плотности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забабахин Е. И. Некоторые вопросы газодинамики взрыва. Снежинск: Изд-во РФЯЦ-ВНИИТФ, 1997.

2. **Дремин А. Н. и др.** Исследование детонации промышленных ВВ // Физ.-техн. проблемы разработки полезных ископаемых. 1971. № 1.
3. **Детонационные** волны в конденсированных средах / Дремин А. Н. и др. М.: Наука, 1970.
4. **Miyake A.** Detonation velocity and pressure of the non-ideal explosive ammonium nitrate // The 19th Intern. Symp. on Detonation. USA, 1989.
5. **Симонов В. А.** Особенности детонации плоских зарядов смесей тротила с аммиачной селитрой // Всесоюз. симпоз. по детонации. Черно-голова, 1981. Вып. 2. С. 51–55.

*Поступила в редакцию 19/V 1998 г.,
в окончательном варианте — 17/IX 1998 г.*
